

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-17552

(43)公開日 平成8年(1996)1月19日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 T 15/00	B	8835-5G		
4/02	A			

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平6-149746

(22)出願日 平成6年(1994)6月30日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 江藤 伸夫

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機
株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 前川 洋

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機
株式会社伊丹製作所内

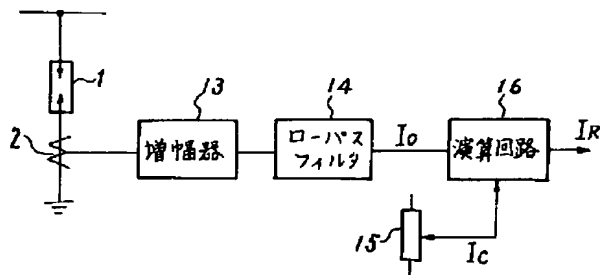
(74)代理人 弁理士 高田 守

(54)【発明の名称】 避雷器の劣化検出装置

(57)【要約】

【目的】 避雷器の印加電圧に3次高調波成分が含まれていても抵抗分電流を精度よく検出する。

【構成】 電流検出手段2で検出した避雷器1の漏れ電流からローパスフィルタ14で商用周波数成分を抽出し、避雷器1の容量分電流を仮定して設定し、漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流と容量分電流とから演算回路16で演算を行うことによって、精度のよい商用周波数成分の抵抗分電流の実効値を得ることができる。



1: 避雷器 2: 電流検出手段
15: 容量分電流設定手段

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧 V が印加されたときの漏れ電流を測定し、上記漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、上記漏れ電流を検出する電流検出手段と、上記漏れ電流から商用周波数成分を抽出するローパスフィルタと、上記避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、上記漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流 I_o 及び上記容量分電流 I_c から抵抗分電流 I_R を数 1 により算出する演算回路とを備えたことを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

【数 1】

$$I_R = \sqrt{I_o^2 - I_c^2}$$

【請求項 2】 酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧 V が印加されたときの漏れ電流を測定し、上記漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、上記漏れ電流を検出する電流検出手段と、上記漏れ電流から商用周波数成分を抽出するローパスフィルタと、上記避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、上記漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流 I_o 及び上記容量分電流 I_c から抵抗分電流 I_R を数 2 により算出する第 1 の演算回路と、上記ローパスフィルタの出力の上記容量分電流がピーク値をとる時点を上記抵抗分電流の零点として上記抵抗分電流の位相を決定し、上記抵抗分電流と同位相の正弦波を発生する正弦波発生回路と、この正弦波発生回路が発生した上記正弦波と上記抵抗分電流とから上記抵抗分電流の商用周波数の正弦波形を出力する第 2 の演算回路とを備えたことを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

【数 2】

$$I_R = \sqrt{I_o^2 - I_c^2}$$

【請求項 3】 酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧 V が印加されたときの漏れ電流を測定し、上記漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、上記漏れ電流を検出する電流検出手段と、上記漏れ電流から商用周波数成分を抽出するローパスフィルタと、上記避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、上記容量分電流がピーク値をとる時点を検出して上記容量分電流の位相を決定し、上記容量分電流と同位相の余弦波を発生する余弦波発生回路と、この余弦波発生回路が発生した上記余弦波と上記容量分電流とから上記容量分電流の余弦波形を出力する演算手段と、上記電流検出手段が検出した上記漏れ電流から上記演算手段が発生した上記余弦波の上記容量分電流を減算して高調波分を含んだ抵抗分電流の波形を出力する減算回路とを備えたことを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

【請求項 4】 酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧 V が印加されたときの漏れ電流を測定し、上記漏れ電流から

ら抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、上記漏れ電流を検出する電流検出手段と、上記避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、上記漏れ電流の波形を上記商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の第 1 の係数と上記容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ上記基本波の正弦級数の第 2 の係数が正になったときの上記第 2 の係数を上記抵抗分電流のピーク値として出力する演算手段とを備えたことを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

10 【請求項 5】 酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧 V が印加されたときの漏れ電流を測定し、上記漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、上記漏れ電流を検出する電流検出手段と、上記避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、上記漏れ電流の波形を上記商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の第 1 の係数と上記容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ上記基本波の正弦級数の第 2 の係数が正になったときの上記基本波の上記余弦級数の第 1 の波形データを上記漏れ電流の第 2 の波形データから減算して出力する演算手段を備えたことを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

【請求項 6】 請求項 1 から請求項 5 のいずれかにおいて、容量分電流 I_c は指令された電圧 V によって算出することを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

【請求項 7】 請求項 1 から請求項 5 のいずれかにおいて、容量分電流 I_c は避雷器の静電容量 C、上記避雷器の印加電圧 V 及び上記印加電圧の周波数 f から $I_c = 2\pi f c V$ により設定することを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

30 【請求項 8】 請求項 1 から請求項 5 のいずれかにおいて、容量分電流は避雷器の印加電圧、上記避雷器の漏れ電流、上記印加電圧の位相及び上記漏れ電流の位相を測定して決定することを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

【請求項 9】 請求項 4 または請求項 5 において、漏れ電流の波形の 1 サイクルの時間を求めてフーリエ展開の周期にすることを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

【請求項 10】 請求項 4 または請求項 5 において、漏れ電流から商用周波数成分を抽出するローパスフィルタを設け、上記商用周波数成分の波形から 1 サイクルの周期を求めてフーリエ展開の周期にすることを特徴とする避雷器の劣化検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、酸化亜鉛形避雷器の特性劣化を検出する避雷器の劣化検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 酸化亜鉛形非直線抵抗体の優れた電圧電流特性の非直線性を利用して直列ギャップをなくしたい

いわゆる酸化亜鉛形避雷器は、常時系統電圧が非直線抵抗体に印加されているので長期的な使用による劣化の懸念がある。そのため漏れ電流計測による劣化診断が行われている。しかしながら劣化によって増加し、ひいてはその発熱によって熱暴走の原因となる抵抗分漏れ電流は通常健全な状態では容量分漏れ電流の10%程度の小さい量であり容量分電流にマスクされている。避雷器の接地線から変流器等の電流検出手段により検出される全漏れ電流は容量分電流と抵抗分電流の合わさったものでありこの波高値あるいは実効値を測定していても劣化の兆候を見い出すことはできない。劣化の傾向を早期に検出し予防保全に役立てるためには全漏れ電流の中から抵抗分電流を分離抽出する必要がある。

【0003】図12は、例えば特開平1-272075号公報に記載された従来の避雷器の劣化検出装置の構成図、13図は図12の避雷器の電気的な等価回路図、図14は印加電圧と避雷器の漏れ電流の位相関係を示す説明図である。

【0004】図12～図14において、避雷器1の接地線に貫通形高感度変流器からなる電流検出手段2が配設され、変流器2の2次側に接続されたケーブル3によりアナログ伝送され検出部4にはいる。検出部4ではケーブル3が増幅部5につながり、その出力はシュミットトリガ回路6及びアナログ・デジタル変換器7に接続される。シュミットトリガ回路6及びアナログ・デジタル変換器7の出力は演算部8に入力される。

【0005】演算部8はシュミットトリガ回路6の出力をもとに全漏れ電流波形の周期を計測する周期測定部9、アナログ・デジタル変換器7より得られたデータをもとにキャンセル波の位相を求める位相検出部10、アナログ・デジタル変換器7より得られたデータ、位相検出部10より得られたキャンセル波の位相をもとにキャンセル波の波高値を求める波高値検出部11及びアナログ・デジタル変換器7より得られたデータ、位相検出部10より得られたキャンセル波位相、波高値検出部11により得られたキャンセル波波高値をもとにキャンセル波を合成し、全漏れ電流データからキャンセル波を差し引いて抵抗分電流を得るようにした抵抗分検出部12より成る。

【0006】このような構成を有する本実施例の避雷器*40

$$\left| \int_0^T \{ i_o(t) \cdot \sin(3\omega(t + p_a)) \} dt \right| \leq \epsilon$$

【0010】波高値検出部11では容量分電流と抵抗分電流の直交関係を利用して下記の数4の式が成り立つようにキャンセル波（容量分電流）の波高値 I_{cp} を求める。

【0011】

【数4】

$$\begin{cases} \left| \int_0^T \{ i_c(t) \cdot i_R(t) \} dt \right| \leq \epsilon \\ i_c(t) = I_{cp} \cdot \sin(\omega(t + p_a)) \\ i_R(t) = i_o(t) - i_c(t) \end{cases}$$

【0012】抵抗分検出部12では、以上により求めたキャンセル波の位相 p_a と波高値 I_{cp} をもとに下記の

*劣化検出装置の作用は次の通りである。避雷器1の接地線に常時流れている全漏れ電流は変流器2により検出され、ケーブル3によりアナログ伝送され、増幅部5により適当なレベルの電圧信号に増幅される。シュミットトリガ回路6は全漏れ電流信号の零点付近で反転する矩波形を発生し、周期測定部9により全漏れ電流信号の基本波分の周期 T が測定される。アナログ・デジタル変換器7は周期測定部9により得られた周期 T の整数分の1、例えば $1/256$ の間隔で $(2 \sim 3)T$ の間、全漏れ電流信号をサンプリングしてディジタル化する。こうして得られた全漏れ電流信号データ i_o と周期 T をもとに演算部8により抵抗分電流 I_R を分離・抽出する演算が行われる。

【0007】酸化亜鉛形避雷器の電気的等価回路は図13のように表されることが知られている。全漏れ電流 I_o は容量分電流 I_c と抵抗分電流 I_R のベクトル和である。もし酸化亜鉛形避雷器の静電容量、抵抗ともに線形であるならば外部から位相信号をもってこないかぎり全漏れ電流 I_o から容量分電流 I_c と抵抗分電流 I_R を分離することは不可能である。しかし、酸化亜鉛形避雷器の抵抗は電圧非直線性を有しているため正弦波電圧を印加した場合に流れる電流には基本波分以上に奇数次の高調波成分が現れる。

【0008】一方、静電容量は線形であるため容量分電流には高調波成分は含まれない。従って、全漏れ電流に含まれる高調波分は抵抗分電流のもののみであり、これから抵抗分電流の位相、及びこれを 90° 進めたものとして容量分電流の位相が得られる。抵抗分電流に含まれる高調波分としては第3次のものが最も大きいので、第3次調波分の位相を用いるのが実用的である。位相検出部10では、アナログ・デジタル変換器7から得られた全漏れ電流データ $i_o(t)$ をもとに図14に示すように $t=0$ において、 $i_o(t)=0$ となるようにデータを抽出する。そして、下記の数3の式が成り立つように位相 p_a をきめる。数3において、 p_a はキャンセル波（容量分電流）の位相、 T は周期、 ω は角周波数 $(2\pi/T)$ 、 ϵ は零または微小な値である。

【0009】

【数3】

5

数5の式から抵抗分漏れ電流 $i_R(t)$ を求める。

【0013】

【数5】

$$\begin{cases} i_R(t) = i_o(t) - i_c(t) \\ i_c(t) = I_c \cdot \sin(\omega(t + p_a)) \end{cases}$$

【0014】

【発明が解決しようとする課題】従来の避雷器の劣化検出装置は以上のように構成されているので、避雷器に印加される電圧に3次高調波成分が含有されているときには、3次高調波成分の位相や大きさが変化するので、抵抗分電流を精度よく求めることが困難であるという問題点があった。

【0015】この発明は上記ような問題点を解消するためになされたもので、避雷器に印加される電圧に3次高調波成分が含有していても、抵抗分電流を精度よく求めることができる避雷器の劣化検出装置を提供するものである。

【0016】

【課題を解決するための手段】避雷器の劣化検出装置に係る発明の請求項1は、酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧Vが印加されたときの漏れ電流を測定し、漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、漏れ電流を検出する電流検出手段と、漏れ電流から商用周波数成分を抽出するローパスフィルタと、避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流 I_o 及び容量分電流 I_c から抵抗分電流 I_R を数6により算出する演算回路とを備えたものである。

【0017】

【数6】

$$I_R = \sqrt{I_o^2 - I_c^2}$$

【0018】請求項2は、酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧Vが印加されたときの漏れ電流を測定し、漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、漏れ電流を検出する電流検出手段と、漏れ電流から商用周波数成分を抽出するローパスフィルタと、避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流 I_o 及び容量分電流 I_c から抵抗分電流 I_R を数7により算出する第1の演算回路と、ローパスフィルタの出力の容量分電流がピーク値をとる時点抵抗分電流の零点として抵抗分電流の位相を決定し、抵抗分電流と同位相の正弦波を発生する正弦波発生回路と、この正弦波発生回路が発生した正弦波と抵抗分電流とから抵抗分電流の商用周波数の正弦波形を出力する第2の演算回路とを備えたものである。

【0019】

【数7】

6

$$I_R = \sqrt{I_o^2 - I_c^2}$$

【0020】請求項3は、酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧Vが印加されたときの漏れ電流を測定し、漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、漏れ電流を検出する電流検出手段と、漏れ電流から商用周波数成分を抽出するローパスフィルタと、避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、容量分電流がピーク値をとる時点を検出して容量分電流の位相を決定し、容量分電流と同位相の余弦波を発生する余弦波発生回路と、この余弦波発生回路が発生した余弦波と容量分電流とから容量分電流の余弦波形を出力する演算手段と、電流検出手段が検出した漏れ電流から演算手段が発生した余弦波の容量分電流を減算して高調波分を含んだ抵抗分電流の波形を出力する減算回路とを備えたものである。

【0021】請求項4は、酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧Vが印加されたときの漏れ電流を測定し、漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、漏れ電流を検出する電流検出手段と、避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、漏れ電流の波形を商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の第1の係数と容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ基本波の正弦級数の第2の係数が正になったときの第2の係数を抵抗分電流のピーク値として出力する演算手段とを備えたものである。

【0022】請求項5は、酸化亜鉛形避雷器に商用周波数の電圧Vが印加されたときの漏れ電流を測定し、漏れ電流から抵抗分電流を算出する劣化検出装置において、漏れ電流を検出する電流検出手段と、避雷器の容量分電流 I_c を仮定して設定する容量分電流設定手段と、漏れ電流の波形を商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の第1の係数と容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ基本波の正弦級数の第2の係数が正になったときの基本波の余弦級数の第1の波形データを漏れ電流の第2の波形データから減算して出力する演算手段を備えたものである。

【0023】請求項6は、請求項1から請求項5のいずれかにおいて、容量分電流 I_c は指令された電圧Vによって算出するようにしたものである。

【0024】請求項7は、請求項1から請求項5のいずれかにおいて、容量分電流 I_c を避雷器の静電容量C、避雷器の印加電圧V及び印加電圧の周波数fから $I_c = 2\pi f C V$ により設定するものである。

【0025】請求項8は、請求項1から請求項5のいずれかにおいて、容量分電流を避雷器の印加電圧、避雷器の漏れ電流、印加電圧の位相及び漏れ電流の位相を測定して決定するものである。

【0026】請求項9は、請求項4または請求項5において、漏れ電流の波形の1サイクルの時間を求めてフー

リエ展開の周期にするものである。

【0027】請求項10は、請求項4または請求項5において、漏れ電流から商用周波数成分を抽出するローパスフィルタを設け、商用周波数成分の波形から1サイクルの周期を求めてフーリエ展開の周期にするものである。

【0028】

【作用】請求項1の発明では、検出した避雷器の漏れ電流からローパスフィルタで商用周波数成分を抽出し、避雷器の容量分電流を仮定して設定し、漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流と容量分電流とから演算回路で演算を行うことによって、商用周波数成分の抵抗分電流の実効値が得られる。

【0029】請求項2の発明では、検出した避雷器の漏れ電流からローパスフィルタで商用周波数成分を抽出し、避雷器の容量分電流を仮定して設定し、漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流と容量分電流とから第1の演算回路で商用周波数成分の抵抗分電流の実効値を得る。また、ローパスフィルタの出力の容量分電流がピーク値をとる時点を検出して抵抗分電流の位相を決定し、抵抗分電流と同位相の正弦波を正弦波発生回路で発生し、正弦波と抵抗分電流とから第2の演算手段で演算を行うことによって、商用周波数成分の抵抗分電流の波形を得る。

【0030】請求項3の発明では、検出した避雷器の漏れ電流からローパスフィルタで商用周波数成分を抽出し、避雷器の容量分電流を仮定して設定し、容量分電流がピーク値をとる時点を検出して容量分電流の位相を決定し、容量分電流と同位相の余弦波を余弦波発生回路で発生させる。そして、余弦波と容量分電流とから演算回路で容量分電流の余弦波形を出力し、電流検出手段で検出した漏れ電流から余弦波の容量分電流を減算回路で減算することによって、高調波分を含んだ抵抗分電流の波形を出力する。

【0031】請求項4の発明では、避雷器の静電容量、印加電圧及び印加電圧の周波数から漏れ電流の容量分電流を仮定して設定し、電流検出手段で検出した避雷器の漏れ電流の波形を商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の第1の係数と容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ基本波の正弦級数の第2の係数が正であることを演算手段で判断して、第2の係数を抵抗分電流のピーク値として出力する。

【0032】請求項5の発明では、避雷器の容量分電流を仮定して設定し、電流検出手段で検出した避雷器の漏れ電流の波形を商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の第1の係数と容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ基本波の正弦級数の第2の係数が正であることを演算手段で判断して、余弦級数の第1の波形データを漏れ電流の第2の波形データから減算して出力する。

【0033】請求項6の発明では、請求項1から請求項5のいずれかにおいて、容量分電流を設定するときの電圧を指令し、印加される電圧の条件によって容量分電流を設定する。

【0034】請求項7の発明では、請求項1から請求項5のいずれかにおいて、容量分電流 I_c を避雷器の静電容量 C 、印加電圧 V 及び周波数 f から $I_c = 2\pi f c V$ により設定する。

【0035】請求項8の発明では、請求項1から請求項5のいずれかにおいて、容量分電流を避雷器の印加電圧、漏れ電流、印加電圧の位相及び漏れ電流の位相を測定して設定する。

【0036】請求項9の発明では、請求項4または請求項5において、漏れ電流の波形の1サイクルの時間を求めてフーリエ展開の周期にすることによって、避雷器に印加される電圧の周波数の変動の影響を低減させる。

【0037】請求項10の発明では、請求項4または請求項5において、漏れ電流から商用周波数成分をローパスフィルタで抽出し、商用周波数成分の波形から1サイクルの周期を求めてフーリエ展開の周期にすることによって、避雷器に印加される電圧の周波数の変動の影響を低減させる。

【0038】

【実施例】

実施例1. 以下、実施例1を図について説明する。図1は実施例1の構成図、図2は避雷器の印加電圧と漏れ電流の位相関係を示す説明図である。図1及び図2において、1、2、10、1c、1_R、Vは従来のものと同様である。

【0039】13は増幅器で電流検出手段2で検出した避雷器1の漏れ電流信号を増幅する。14はローパスフィルタで、増幅器13で増幅された漏れ電流信号の商用周波数成分のみを抽出し、漏れ電流10として出力する。15は容量分電流設定手段で、避雷器1の静電容量、印加電圧 V 及び印加電圧の周波数 f から容量分電流 $I_c = 2\pi f c V$ により仮定して設定する。16は避雷器1の抵抗分電流 I_R を算出する演算回路で、漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流10及び容量分電流1cから数8によって抵抗分電流 I_R を算出する。

【0040】

【数8】

$$I_R = \sqrt{I_{10}^2 - I_c^2}$$

【0041】容量分電流1cは、避雷器1に印加される電圧 V がほぼ一定であり、避雷器1の静電容量 C が一定であることから、印加電圧の商用周波数を f とすると、 $I_c = 2\pi f c V$ で求められる。この容量分電流1cに対応した信号を容量分電流設定手段15から演算回路16へ出力する。なお、容量分電流1cは、実際に避雷器1に電圧を印加して、印加電圧、漏れ電流、印加電圧の

位相及び漏れ電流の位相を実測して仮定した値を設定すれば、より精度のよい設定値が得られる。

【0042】避雷器1の等価回路は従来と同様に図13のように表される。そして、商用周波数成分のみのときのベクトル図は図2のようになる。図2から数9の式が成り立ち、抵抗分電流 I_R を数10によって求めることができる。

【0043】

【数9】

$$I_o = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

【0044】

【数10】

$$I_R = \sqrt{I_o^2 - I_C^2}$$

【0045】図1において、電流検出手段2で検出した漏れ電流は、増幅器13で増幅される。増幅された漏れ電流は、ローパスフィルタ14を通過することによって、商用周波数成分のみの漏れ電流（実効値 I_o ）の信号となる。この漏れ電流 I_o と設定された容量分電流（実効値 I_C ）とが演算回路16に入力される。演算回路16では上記の数10の式による演算を行って抵抗分電流（実効値 I_R ）を求める。

【0046】以上により、高調波成分を除いた商用周波数成分として抵抗分電流の実効値を求めるので、精度のよい値を得ることができる。

【0047】実施例2. 図3は実施例2の構成図である。図3において、17は正弦波を発生する正弦波発生回路で、ゲイン調節器18と反転増幅器19と連動スイッチ20a、20bとコンパレータ21と正弦波発生器22とで構成されている。23は演算手段で、正弦波発生回路17が発生した正弦波と抵抗分電流とから商用周波数の正弦波形を出力する。

【0048】次に動作について説明する。図2において、抵抗分電流 I_R は漏れ電流 I_o から θ だけ位相が遅れている。従って、漏れ電流 I_o から θ だけ遅れた時点から始まる正弦波形が抵抗分電流と同相の波形となる。一方、このときの容量分電流 I_C はピーク値をとることになるので、これを利用して抵抗分電流 I_R の位相を決定することができる。

【0049】図4は図3の各部の信号状態を示す説明図である。(a)は電流検出手段2で検出した漏れ電流 i_o （瞬時値）を容量分電流 i_C （瞬時値）及び抵抗分電流 i_R （瞬時値）に分離した波形を示す。(b)は漏れ電流 i_o である出力信号13aの波形である。(c)はローパスフィルタ14を通過したあとの出力信号14aの波形である。(d)はコンパレータ21の出力信号21aの波形である。(e)は連動スイッチ20a、20bのON/OFFを示す。(f)は演算回路23の出力信号23aの波形である。

【0050】容量分電流 i_C は時間 t_0 から位相が θ だけ遅れてピーク値となり、抵抗分電流 i_R は零となる。このことから、容量分電流設定手段15から容量分電流 I_C に対応した信号をゲイン調節器18に入力して、出力として容量分電流 I_C のピーク値を得る。連動スイッチ20aはコンパレータ21の出力信号21aがHレベルのときONとなり、出力信号21aがLレベルのときOFFとなる。また、連動スイッチ20bはコンパレータ21の出力信号21aがHレベルのときOFFとなり、LレベルのときONとなる。

【0051】したがって、連動スイッチ20bがONのときはゲイン調節器18の出力信号18aが、そのまま出力信号20cとなる。また、連動スイッチ20aがONのときは、出力信号18aが反転増幅器19で（-1）倍した逆極性の出力信号20cとなる。そのため、 t_1 時点では出力信号14aの方が出力信号20cより大きくなるので、コンパレータ21の出力信号21aがHレベルとなり、連動接点20aがON、連動接点20bがOFFとなる。この一連の動作から出力信号20cは容量分電流 I_C の負のピーク値となる。

【0052】 t_2 時点では出力信号14aが出力信号20cより小さくなるので、コンパレータ21の出力信号21aがLレベルとなり、 t_2 時点とは逆に連動スイッチ20aがOFF、連動スイッチ20bがONとなる。この結果、出力信号20cは容量分電流 I_C の正のピーク値となる。そして、 t_3 時点で再び t_1 時点と同じ動作となり、以後は上記の動作を繰り返すことになる。

【0053】コンパレータ21の出力信号21aのクロック信号は、抵抗分電流と同期しているので、この波形を積分器や市販されているマルチファンクションICを適用した正弦波発生器22で正弦波形に変換する。この正弦波形は、大きさが一定で位相が変わるのみである。そこで、演算回路23で正弦波発生回路22の出力である正弦波と演算回路16の出力である抵抗分電流とを乗算して補正することによって、商用周波数成分の抵抗分電流の波形を出力信号23aとして得る。この出力信号23aを波形観測に利用できる。

【0054】実施例3. 図5は実施例3の構成図である。図において、24は出力信号24aとして余弦波を出力する余弦波発生回路で、ゲイン調節器18と反転増幅器19と連動スイッチ20a、20bとコンパレータ21と余弦波発生器25とで構成されている。26は演算手段で、容量分電流波形を出力信号26aとして出力する。27は減算回路で、高調波分を含んだ抵抗分電流波形の出力信号27aを出力する。

【0055】図6は図5の各部の信号状態を示す説明図である。(a)～(e)は図4のものと同様である。

(f)は演算回路26の出力信号26aである。(g)は減算回路27の出力信号27aで、高調波分を含んだ抵抗分電流の波形である。

【0056】図5において、コンパレータ21の出力信号21aを余弦波発生器25で余弦波形に変形する。そして、演算回路26で余弦波と容量分電流設定手段15の出力信号15aとを乗算して補正することによって、容量分電流波形を出力信号26aとして得る。さらに、減算回路27で増幅器13の出力信号13a(図6(b))から演算回路26の出力信号26a(図6(f))を減算することによって、出力信号27aが高調波成分を含んだ抵抗分電流の波形として図6(g)のように得られる。以上によって得られた出力信号27aを

【0057】実施例4。上記実施例1~3は、アナログ方式でもデジタル方式でも適用できるが、以下に説明するのはCPUを用いた信号処理が可能な方式である。図7は実施例4の構成図である。

$$\begin{cases} a_1 = \sqrt{2} I_o \cdot \cos(\pi/2 - x) = \sqrt{2} I_o \cdot \sin x \\ b_1 = \sqrt{2} I_o \cdot \cos x \end{cases}$$

【0062】この関係を縦軸にx、横軸に係数 a_1 、 b_1 として表したのが図8である。図8からわかるように、 $x = \theta$ の時点が図2の関係にあるときの漏れ電流波形をフーリエ展開したときで、係数 a_1 及び b_1 が共に正である。この時点で係数 a_1 が容量分電流Icのピーク値にほぼ等しい値(A点)であって、係数 b_1 が抵抗分電流のピーク値である。

【0063】以上の関係を利用して図9の処理によって抵抗分電流を求めることができる。図8において、サンプリング間隔を 10° 程度にして逐次変更しながら実施する。したがって、サンプリング間隔が連続的でないので、容量分電流Icのピーク値と係数 a_1 とが必ずしも一致しない場合があるため、係数 a_1 が容量分電流Icのピーク値にほぼ等しい値で位相判定するようにしている。なお、図8のC点でも係数 a_1 が容量分電流Icのピーク値に等しい値になるが b_1 が負になるので、図9のフローの終了条件を満足しない。

【0064】図9で、抵抗分電流の求め方を示すフローチャートである。図9において、ステップS₁で波形のフーリエ変換をする。次にステップS₂で余弦級数の係数 a_1 が容量分電流のピーク値とほぼ等しいかどうかの判断を行う。ほぼ等しい場合はステップS₃で正弦級数の係数 b_1 が正か負かを判断する。係数 b_1 が正の場合はステップS₄で係数 b_1 の値を出力する。この係数 b_1 が抵抗分電流のピーク値である。また、ステップS₂で係数 a_1 が容量分電流のピーク値と等しくない場合、または等しくても係数 b_1 が負の場合には、ステップS₅でフーリエ変換の位相を変えて再びステップS₁からの処理を行う。

【0065】上記の説明では容量分電流設定手段15から容量分電流Icの信号を入力しているが、演算回路30にデータとして保存しておくこともできる。以上のよ

*【0058】図7において、28はA/D回路で、増幅回路13のアナログの出力信号13aをデジタル信号28aに変換する。29はデジタル信号28aを記憶するメモリである。30はCPUを有する演算回路で、メモリ29の内容を読み出して処理する。

【0059】演算回路30は漏れ電流の波形を商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の係数(a_1)と容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ基本波の正弦級数の係数(b_1)が正になったときの係数 b_1 を抵抗分電流のピーク値として出力する。

【0060】ここで、図2の θ をxに置き変えて、xの任意の角度で漏れ電流I_oの波形をフーリエ変換すると、係数 a_1 及び係数 b_1 は数11の式で表される。

【0061】

【数11】

うに、漏れ電流の波形をフーリエ展開することによって、マイクロコンピュータなどのCPUで簡単に商用周波数成分の抵抗分電流を演算処理できる。

【0066】実施例5。図10は実施例5の処理を示すフローチャートである。図10において、ステップS₁~S₃、S₄は図10と同様である。図10において、ステップS₅で漏れ電流データから抵抗分電流データを減算することによって、高調波成分を含んだ抵抗分電流の波形データが得られる。

【0067】実施例6。上記各実施例では容量分電流Icが一定値であることを仮定しているが、実際には容量分電流Ic=2 π f c Vの式から印加電圧Vが変化すると、その変化分が誤差になる。この印加電圧Vに相当する電圧は、通常は変電所の監視室等で検出して管理されている。そこで、検出された印加電圧Vを使用することによって、精度よく抵抗分電流の検出を行うことができる。

【0068】実施例7。上記実施例4及び実施例5では、フーリエ展開の周期を一定として計算しているが、系統の電源周波数(商用周波数)が若干ではあるが変動することが考えられる。この変動によって、フーリエ展開の出力係数に誤差が発生する。そこで、図7の演算回路30で漏れ電流波形の1サイクル、例えば図6(b)に示すt₁時点からの時間Tを求めて、この時間Tをフーリエ展開の周期にする。これによって、精度よく抵抗分電流の検出を行うことができる。

【0069】実施例8。図11は実施例8の構成図である。上記実施例7において、漏れ電流波形に高調波成分が含まれていて検出精度が悪くなる場合に、図11のように商用周波数成分のみを通過させるローパスフィルタ14を設ける。このように商用周波数成分の信号に変換してから波形の周期を求める。そして、求められた周期

を使用して漏れ電流の波形のフーリエ展開を行うことによって、精度よく抵抗分電流の検出を行うことができる。

【0070】

【発明の効果】請求項1の発明では、検出した避雷器の漏れ電流からローパスフィルタで商用周波数成分を抽出し、避雷器の容量分電流を仮定して設定し、漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流と容量分電流とから演算回路で演算を行うことによって、精度のよい商用周波数成分の抵抗分電流の実効値を得ることができる。

【0071】請求項2の発明では、検出した避雷器の漏れ電流からローパスフィルタで商用周波数成分を抽出し、避雷器の容量分電流を仮定して設定し、漏れ電流の商用周波数成分の実効値電流と容量分電流とから第1の演算回路で商用周波数成分の抵抗分電流の実効値を得る。また、ローパスフィルタの出力の容量分電流がピーク値をとる時点を抵抗分電流の位相を決定し、抵抗分電流と同位相の正弦波を正弦波発生回路で発生し、正弦波と抵抗分電流とから第2の演算手段で演算を行うことによって、商用周波数成分の抵抗分電流の波形が得られるので、波形の観測ができる。

【0072】請求項3の発明では、検出した避雷器の漏れ電流からローパスフィルタで商用周波数成分を抽出し、避雷器の容量分電流を仮定して設定し、容量分電流がピーク値をとる時点を検出して容量分電流の位相を決定し、容量分電流と同位相の余弦波を余弦波発生回路で発生させる。そして、余弦波と容量分電流とから演算回路で容量分電流の余弦波形を出力し、電流検出手段で検出した漏れ電流から余弦波の容量分電流を減算回路で減算することによって、高調波分を含んだ抵抗分電流の波形が得られるので、波形の観測ができる。

【0073】請求項4の発明では、避雷器の静電容量、印加電圧及び印加電圧の周波数から漏れ電流の容量分電流を仮定して設定し、電流検出手段で検出した避雷器の漏れ電流の波形を商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の第1の係数と容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ基本波の正弦級数の第2の係数が正であることを演算手段で判断して、第2の係数を抵抗分電流のピーク値として出力する。これによって、抵抗分電流を容易に演算処理で得ることができる。

【0074】請求項5の発明では、避雷器の容量分電流を仮定して設定し、電流検出手段で検出した避雷器の漏れ電流の波形を商用周波数の逆数の周期でフーリエ展開し、基本波の余弦級数の第1の係数と容量分電流のピーク値とがほぼ等しく、かつ基本波の正弦級数の第2の係数が正であることを演算手段で判断して、余弦級数の第1の波形データを漏れ電流の第2の波形データから減算して出力する。これによって、高調波成分を含んだ抵抗分電流を容易に演算処理で得ることができる。

【0075】請求項6の発明では、請求項1から請求項

5のいずれかにおいて、容量分電流を設定するときの電圧を指令し、印加される電圧の条件によって容量分電流を設定するので、精度のよい抵抗分電流を得ることができる。

【0076】請求項7の発明では、請求項1から請求項5のいずれかにおいて、容量分電流 I_c を避雷器の静電容量 C 、印加電圧 V 及び周波数 f から $I_c = 2\pi f c V$ により設定するので、設定が容易にできる。

【0077】請求項8の発明では、請求項1から請求項5のいずれかにおいて、容量分電流を避雷器の印加電圧、漏れ電流、印加電圧の位相及び漏れ電流の位相を測定して設定するので、精度のよい設定ができる。

【0078】請求項9の発明では、請求項4または請求項5において、漏れ電流の波形の1サイクルの時間を求めてフーリエ展開の周期にすることによって、避雷器に印加される電圧の周波数の変動の影響を低減させるので、フーリエ展開の演算精度を向上を図ることができる。

【0079】請求項10の発明では、請求項4または請求項5において、漏れ電流から商用周波数成分をローパスフィルタで抽出し、商用周波数成分の波形から1サイクルの周期を求めてフーリエ展開の周期にすることによって、避雷器に印加される電圧の周波数の変動の影響を低減させるので、周期の判定が容易になり、演算精度の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 発明の実施例1の構成図である。

【図2】 避雷器の印加電圧と漏れ電流の位相関係を示す説明図である。

【図3】 発明の実施例2の構成図である。

【図4】 図3の各部の信号状態を示す説明図である。

【図5】 発明の実施例3の構成図である。

【図6】 図5の各部の信号状態を示す説明図である。

【図7】 発明の実施例4の構成図である。

【図8】 フーリエ展開時の係数の関係を示す説明図である。

【図9】 発明の実施例4の処理を示すフローチャートである。

【図10】 発明の実施例5の処理を示すフローチャートである。

【図11】 発明の実施例8の構成図である。

【図12】 従来の避雷器の劣化検出装置の構成図である。

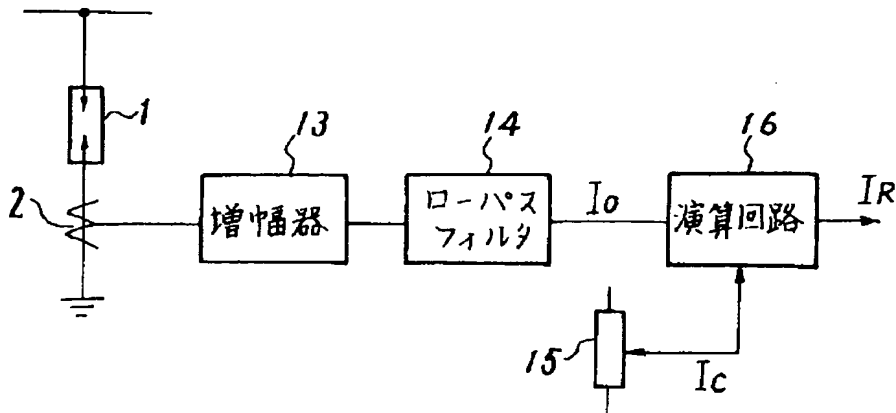
【図13】 酸化亜鉛形避雷器の電気的等価回路図である。

【図14】 避雷器の印加電圧と漏れ電流との関係を示す説明図である。

【符号の説明】

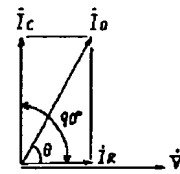
1 避雷器、2 電流検出手段、15 容量分電流設定手段、17 正弦波発生回路、24 余弦波発生回路。

【図1】

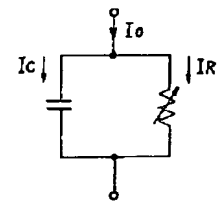


1: 避雷器 2: 電流検出手段
15: 容量分電流設定手段

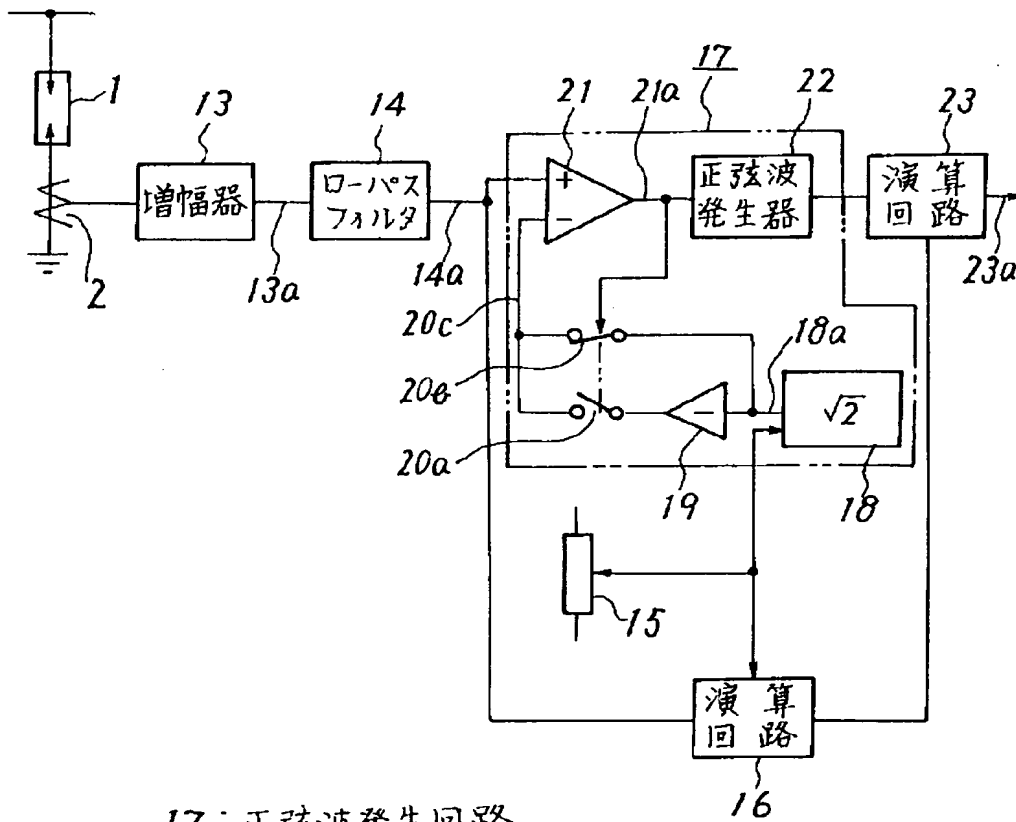
【図2】



【図13】

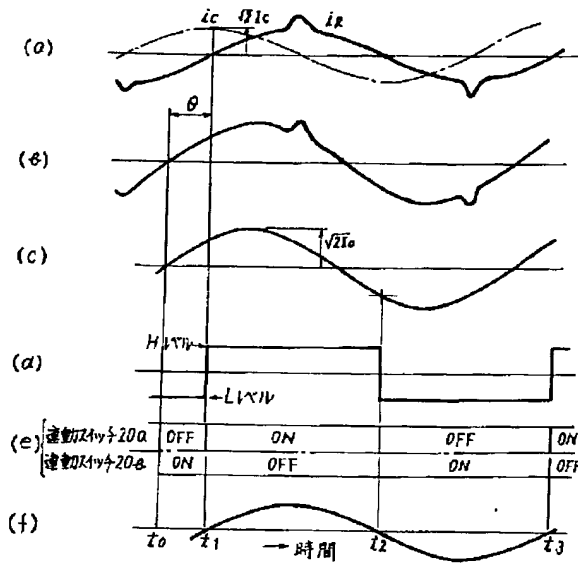


【図3】

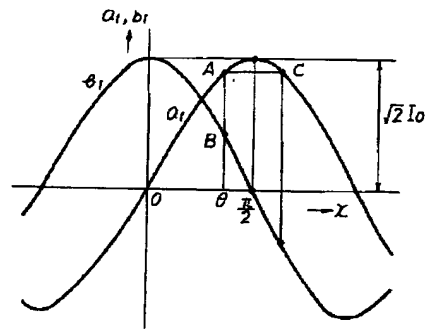


17: 正弦波発生回路

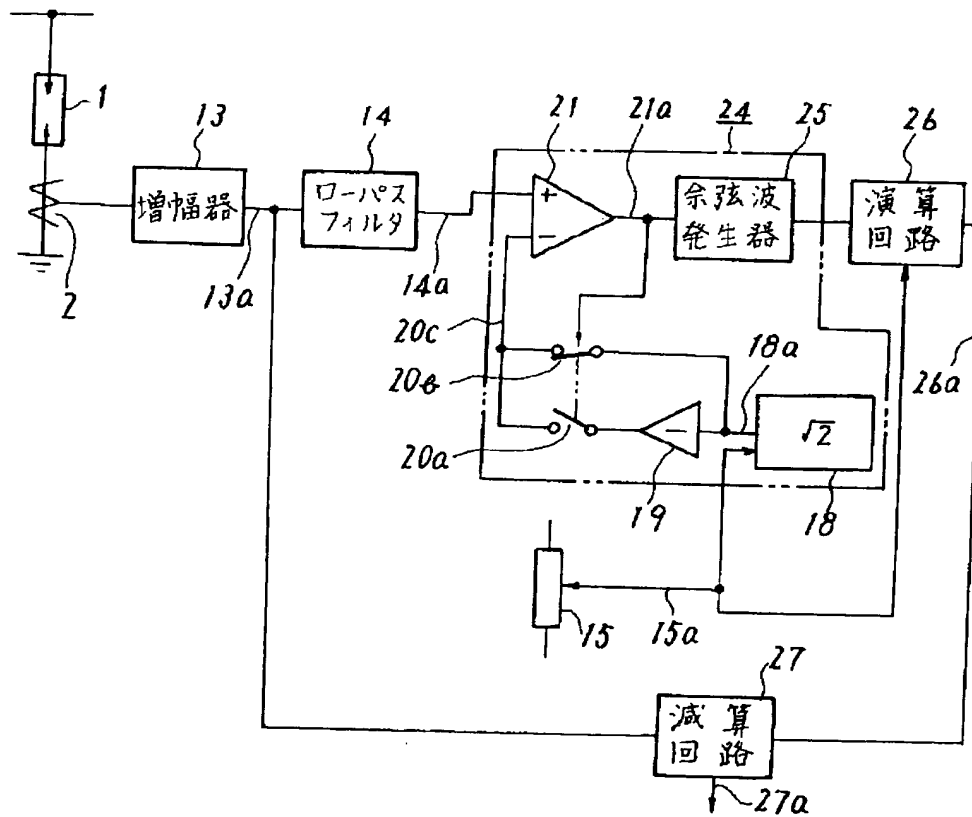
【図4】



【図8】

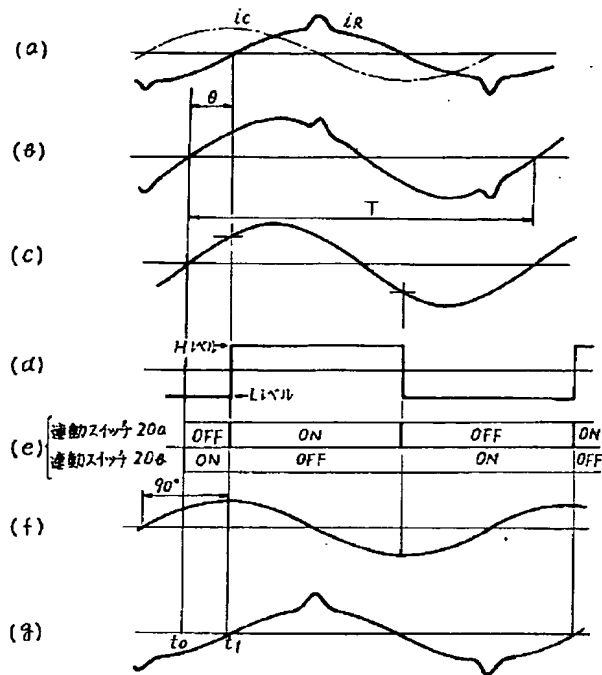


【図5】

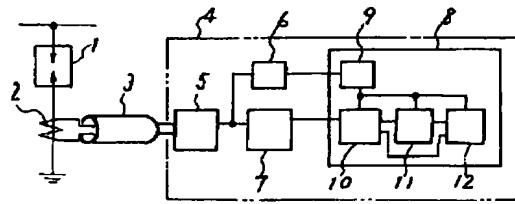


24: 余弦波発生回路

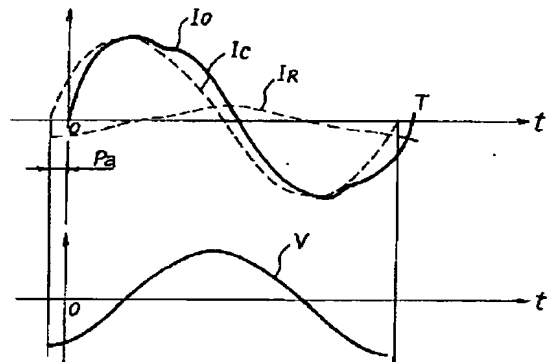
【図6】



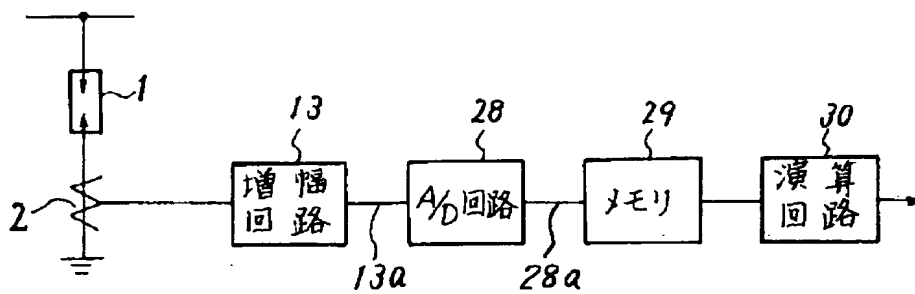
【図12】



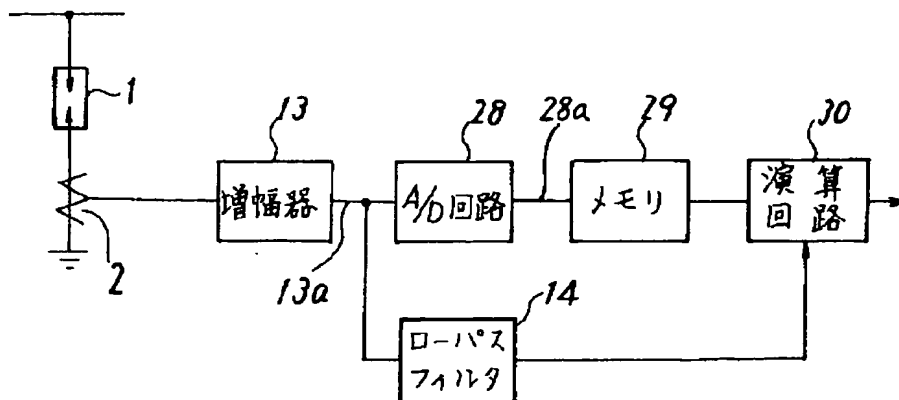
【図14】



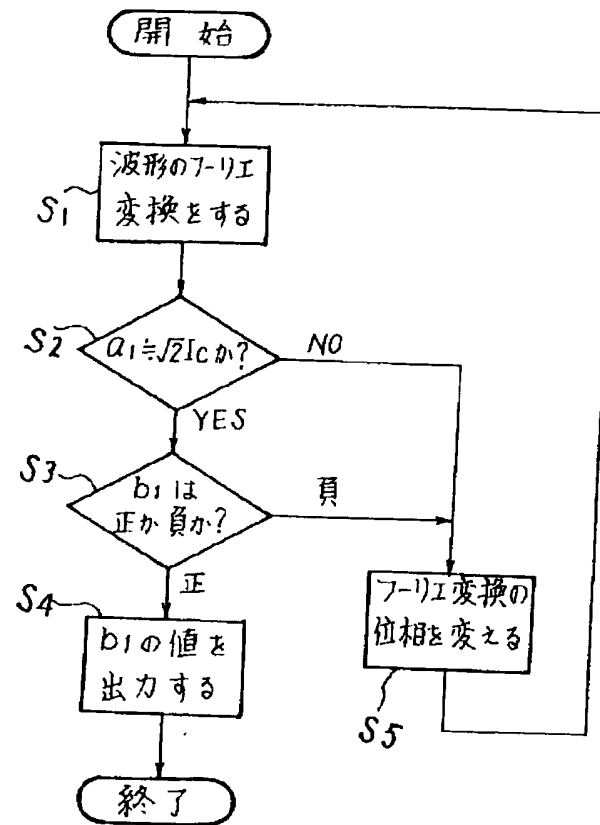
【図7】



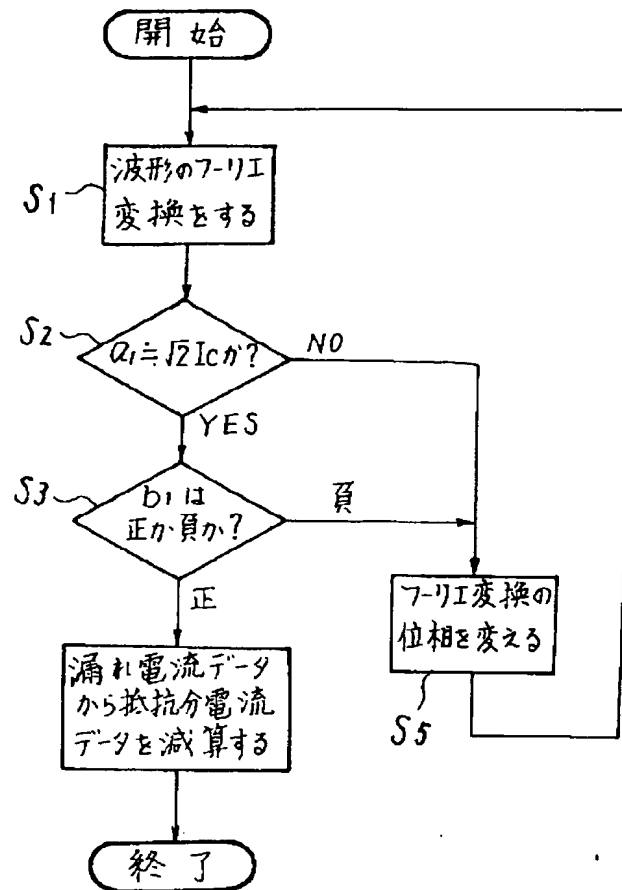
【図11】



【図9】



【図10】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08017552 A

(43) Date of publication of application: 19.01.1996

(51) Int. Cl. H01T 15/00
H01T 4/02

(21) Application number: 06149746
(22) Date of filing: 30.06.1994

(71) Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP
(72) Inventor: ETO NOBUO
MAEKAWA HIROSHI

(54) DETERIORATION DETECTING DEVICE FOR LIGHTNING ARRESTER

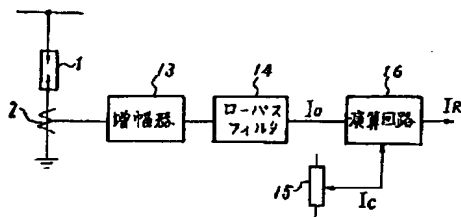
(57) Abstract:

PURPOSE: To accurately detect resistive component current even if the third harmonic component is included in the applied voltage of a lightning arrester.

CONSTITUTION: A commercial frequency component is extracted from leakage current of a lightning arrester 1 detected with a current detecting means 2 with a low-pass filter 14, capacitive component current of the lightning arrester 1 is set by an assumption, and resistive component current is calculated with an arithmetic circuit 16 from the effective current of the commercial

frequency component of leak current and the capacitive component current. The effective value of the resistive component current of the commercial frequency component is obtained in high accuracy.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Docket # 2003P11735
Applic. # _____
Applicant: H. Schillert,
Lerner Greenberg Sterner LLP et al.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101